

Fertilización del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) con compostas y lombricompostas para incrementar la producción de forraje en el Valle del Mezquital

Fertilization of alfalfa crop (*Medicago sativa*) with composts and vermicomposts to increase forage production in the Mezquital Valley

Juan Noguez Estrada ^a, Jorge Vargas Monter ^b, Erick A. Zúñiga Estrada ^c, Héctor O. Orozco Gregorio ^d, Leodan T. Rodríguez Ortega ^e, Diana M. Sifuentes Saucedo ^f

Abstract:

The excessive use of chemical fertilizers in intensive agriculture has undesirable effects on the soil ecosystem, affecting microbiology, fertility, and soil structure. The excess of chemical fertilizers is washed away with rainfall and it is accumulated in water sources, causing their contamination. The use of compost and worm compost bring beneficial effects. These include a decrease in water requirements for irrigation, reduced susceptibility to pest attacks, suppression of weed growth, better seed germination, accelerated plant growth, as well as an increase in crop production. Furthermore, incorporating compost and worm composting in alfalfa production promotes sustainable and productive practices.

Keywords:

Alfalfa, fertilizers, composts, fertilization

Resumen:

El uso excesivo de fertilizantes químicos en la agricultura intensiva tiene efectos indeseables en el ecosistema del suelo, afectando la microbiología, la fertilidad y la estructura del suelo. El exceso de fertilizantes químicos se lixivia con las precipitaciones pluviales que se acumulan en cuerpos de agua, causando su contaminación. La utilización de compostas y lombricompostas trae consigo efectos benéficos, que incluyen la disminución de los requerimientos de agua para riego, menor susceptibilidad a ataques de plagas, supresión del crecimiento de malezas, mejor germinación de semillas, crecimiento acelerado de las plantas, así como el aumento en la producción de los cultivos. Además, el incorporar compostas y lombricompostas en la producción de alfalfa, fomenta las prácticas sostenibles y productivas.

Palabras Clave:

Alfalfa, abonos, compostas, fertilización

^a Autor de Correspondencia, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-0493-8843> Email: jnoguez@upfim.edu.mx

^b Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-9845-2598>, Email: jvargas@upfim.edu.mx

^c Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería | Mineral de la Reforma, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0001-7174-0255> Email: erick_zuniga@uaeh.edu.mx

^d Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-7607-5231> Email: horozco@upfim.edu.mx

^e Universidad Politécnica de Francisco I. Madero | Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-6561-4263> Email: ltrodriguez@upfim.edu.mx

^f Universidad Politécnica de Francisco I. Madero| Ingeniería en Producción Animal | Francisco I. Madero, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-8384-7941>, Email: dmsfuentes@upfim.edu.mx

Fecha de recepción: 03/10/2025, Fecha de aceptación: 24/10/2025, Fecha de publicación: 05/01/2026

DOI: <https://doi.org/10.29057/xahni.v3i6.15788>



Introducción

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es uno de los cultivos forrajeros más importantes del mundo, es una planta perenne que se cosecha varias veces al año. Si el corte es temprano, el valor nutritivo del forraje es mucho más alto, pero el rebrote se ve afectado y la longevidad del cultivo se ve severamente comprometido, en contraste, si se corta más tarde, en plena floración, los cultivos persisten por más tiempo y se puede cosechar más biomasa, pero el valor nutritivo disminuye (Lorenzo *et al.*, 2020).

La fertilización influye en la productividad y en el valor nutritivo de la alfalfa, alcanzando rendimientos de más de 80 t/ha de materia verde y de materia seca (aproximadamente 20 t/ha). Asimismo, es una fuente rica de proteína cruda, considerándose la fuente más económica para la alimentación animal. El contenido de proteína cruda depende de la etapa de desarrollo del material vegetal y puede ser de 200 a 240 g/kg de MS, hasta 3.5 t/ha, o más, ello además de su excelente digestibilidad ya que contiene macro y microelementos, fundamentales para la salud animal (Radovic *et al.*, 2009).

Al evaluar el efecto de la fertilización química y orgánica en el cultivo de alfalfa, Vitonera *et al.*, (2019), concluyeron que entre la cantidad de bio masa, el tamaño de la planta y el número de hojas al primer corte, no existieron diferencia significativas. Sin embargo, Kongqin *et al.*, (2025), indican que las aplicaciones repetidas de fertilizantes químicos pueden

La fertilización orgánica es una alternativa más respetuosa con el medio ambiente en comparación al fertilizante químico de nitrógeno, además, ha demostrado su potencial para mejorar la productividad de los cultivos y la eficiencia en el uso del agua (Pengzhao *et al.*, 2025). Al respecto, la alfalfa (*Medicago sativa* L.) es el cultivo forrajero perenne más valioso, y determinar su rendimiento y propiedades de calidad es esencial para evaluar el valor forrajero para la producción ganadera (Yinping *et al.*, 2022). Zhang *et al.*, (2024), evaluaron el efecto de cinco tipos de fertilización en el rendimiento de la alfalfa y la calidad nutricional. En su estudio, las prácticas de fertilización incluyeron la aplicación de estiércol, la aplicación combinada de

alterar los nutrientes del suelo y la estructura de la comunidad microbiana.

Por lo antes mencionado, una alternativa sustentable puede ser la fertilización orgánica, ya que de acuerdo con Hakl *et al.*, (2021), la fertilización de la alfalfa con estiércol a largo plazo mejora el valor nutritivo de las hojas y los tallos, manteniendo la proporción de hojas con un aumento en el rendimiento de más del 8%. Esta respuesta puede atribuirse a un efecto del ambiente del suelo, es decir, a un mayor desarrollo radicular a largo plazo, reduciendo la lignificación del forraje y manteniendo la proporción de hojas con una reducción del estrés hídrico.

El objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión del uso de fertilizantes empleados para optimizar la producción de alfalfa, cuidando los recursos naturales sin afectar la productividad.

Importancia de la fertilización del suelo

Los agregados del suelo son las unidades funcionales clave de los ecosistemas, y son esenciales para el ciclo biogeoquímico, así como para el crecimiento de las plantas. No obstante, sigue sin estar claro cómo la fertilización influye en la agregación del suelo, en los recursos asociados y en la distribución microbiana entre los agregados, así como de los posibles impactos subsiguientes en otros procesos abióticos y bióticos (Shanyi *et al.*, 2022).

fertilizante mineral y estiércol (FM), la aplicación de fertilizante biológico, la aplicación desequilibrada de dos o más tipos de fertilizantes minerales, y la aplicación equilibrada de fertilizante mineral. En sus resultados, las prácticas de fertilización mejoraron significativamente ($P<0.05$) el rendimiento en un 31.72%, y el contenido de proteína cruda en un 11.29%, siendo el fertilizante mineral el más efectivo. Los autores concluyeron que los fertilizantes minerales proporcionan nutrientes disponibles para la alfalfa, mientras que el estiércol mejora las propiedades del suelo, y aporta materia orgánica, esencial para los microorganismos.



Figura 1. Fertilización del suelo agrícola con compost en la Universidad Politécnica de Francisco I Madero.

Factores que influyen en la calidad y rendimiento de la alfalfa

Yinping *et al.*, (2022), exploraron las relaciones entre el rendimiento y las propiedades de calidad de la alfalfa, así como de los efectos ambientales y las prácticas de manejo. En sus resultados, el rendimiento promedio de materia seca de la alfalfa fue de 11.18 ± 6.69 Mg/ha (biomasa), con un contenido promedio de proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, fibra de detergente ácido, fibra de detergente neutro, ceniza cruda, extracto libre de nitrógeno, calcio, fósforo y valores relativos de alimentación de $19.05 \pm 2.87\%$, $2.62 \pm 0.97\%$, $27.16 \pm 5.21\%$, $31.29 \pm 5.58\%$, $40.48 \pm 6.34\%$, $9.49 \pm 1.59\%$, $38.67 \pm 7.49\%$, $1.68 \pm 0.55\%$, $0.25 \pm 0.12\%$ y 151 ± 31.94 , respectivamente. De igual forma, la calidad de la alfalfa disminuyó con el aumento del rendimiento; la calidad se correlacionó tanto con la precipitación como con la temperatura, mientras que el rendimiento mostró una relación positiva con la temperatura, pero ninguna relación significativa con la precipitación. Asimismo, la alta disponibilidad de nitrógeno, fósforo, y potasio en el suelo, mejoró el rendimiento, mientras que altos contenidos de nitrógeno y fosforo incrementaron ($P = 0.05$) el contenido de proteína cruda.

En otro estudio, Wan *et al.*, (2025), evaluaron la respuesta de la aplicación de fertilizantes nitrogenados en el rendimiento y calidad de la alfalfa, así como la fijación y concentración de N en el suelo. De acuerdo con sus resultados, la aplicación de 180 kg/ha de nitrógeno aumentó significativamente el rendimiento total de alfalfa en un 29%-32% al mejorar la relación tallo-hoja; pero sin mejorar la calidad de la alfalfa. También reportaron que las aplicaciones de 60 y 120 kg/ha de fertilizantes nitrogenados mejoraron significativamente ($P = 0.05$) la proteína bruta en un 10.6%-22.7% y redujeron la fibra detergente ácida o neutra en un 10.0%-18.7% en etapas vegetativas y de yema, respectivamente. Además, mejoró la concentración de nitrógeno en las hojas.

Fase vegetativa de la alfalfa con mayor contenido de proteína

Hetman *et al.*, (2025), observaron un rendimiento máximo de PC (proteína cruda) (6.98–7.31 t/ha) durante la siega de la alfalfa en la fase de floración temprana, lo que superó los indicadores en la fase de yema en 0.07–0.60 t/ha. Al mismo tiempo, el forraje cosechado en la fase de yema tenía un mayor contenido de proteína, que oscilaba entre 193 g y 211 g. El uso de variedades de alfalfa de diferentes orígenes eco-geográficos permite la producción estable de materias primas vegetales para alimento de alta calidad en forma de heno, ensilado, pellets o harina.

Medicago sativa presenta una biomasa reducida y nodulación cuando se cultiva con microbiomas del suelo condicionados a altos niveles de fósforo (Kaminsky *et al.*, 2018).



Figura 2. Cultivo de alfalfa en inicio de floración. Campo agrícola. Universidad Politécnica de Francisco I Madero.

La fertilización y la relación Nitrógeno: Fósforo y Potasio

La aplicación de fertilizantes no sólo aumenta el rendimiento de la alfalfa (19.2%), sino que también mejora su calidad al incrementar la PC en un 7.7% y disminuir la Fibra Detergente Ácido y Fibra Detergente Neutro (FDA y FDN) en un 2.9% y 1.8%, respectivamente, en comparación con los niveles de control sin fertilizante, especialmente en suelos de bajo contenido de materia orgánica. Por otra parte, la aplicación combinada de fertilizantes NPK y NP presentan mejor efecto en la mejora del rendimiento y la calidad de la alfalfa (Wan y Li, 2022).

He *et al.*, (2025), investigaron los efectos de diferentes tratamientos de fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la alfalfa (*Medicago sativa* L.). En su estudio utilizaron dos niveles de nitrógeno (0 y 103,5 kg/ha) y cuatro gradientes de fósforo (0, 45, 90 y 135 kg/ha). De

acuerdo con sus resultados, la fertilización combinada de nitrógeno y fósforo mejoró significativamente ($P \leq 0.05$) el rendimiento y la calidad de la alfalfa. El tratamiento óptimo (N 103.5 kg/ha, P₂O₅ 90 kg/ha) logró un rendimiento de heno equivalente a 16.64 t/ha, lo que representa un aumento del 26.41%. Además, este tratamiento elevó el contenido de PC entre un 14.3% y un 19.8% y mejoró el valor relativo de alimentación en un 11.2%, ello mientras mantenía la fibra detergente ácida y la fibra detergente neutra en 32.5% y 41.7%, respectivamente, acercándose a los estándares internacionales para alfalfa premium (producida bajo normas libres de OGM, si tiene análisis SGS, o si se enmarca en una certificación ISO 22000 de seguridad alimentaria). En el mismo estudio, el nitrógeno promovió directamente la acumulación de PC al aumentar el número de entrenudos, mientras que el fósforo redujo indirectamente el contenido de fibra al mejorar la expansión del área foliar.

Por su parte, Appiah *et al.*, (2024), reportan que el potasio (K) es uno de los macronutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, por lo que la nutrición con K es esencial en los procesos metabólicos, incluidos el crecimiento, la fotosíntesis y la respiración. También es vital en el aumento de la fijación de nitrógeno. Es por ello que, durante la etapa vegetativa de la fase de crecimiento para la absorción, se requiere una concentración mineral óptima de K. En tanto que su alta concentración en el tejido de la alfalfa podría mitigar el impacto del estrés abiótico (sequía, sal y temperatura) y mejorar su rendimiento.

De acuerdo con los resultados de la investigación sobre cultivos de alfalfa fertilizada con 10 t de estiércol de vacuno en descomposición y composta, y sin fertilización como control, realizada por Charshanbiev, (2023), la altura de la alfalfa sin fertilizar fue en promedio de 74.8 cm, mientras que con estiércol de ganado en descomposición de 28-30 cm, siendo mayor con la aplicación de composta (111.5 cm).

Materia orgánica y retención de agua en el suelo

La capacidad de retención de agua del suelo es un componente importante de los balances de agua y energía de la biosfera terrestre, ya que controla la tasa de evapotranspiración y es clave para la producción de cultivos. Al respecto, la capacidad de retención de agua disponible en el suelo se puede mejorar aumentando el contenido de materia orgánica (Minasny y McBratney, 2018). La aplicación del contenido de materia orgánica del suelo (MOS), principalmente de suelos degradados/agotados, puede aumentar la retención de agua en el suelo (RAS), incrementando la capacidad de campo (CC) y reduciendo el punto de marchitez.

permanente (PMP), y así aumentar la capacidad de agua disponible para las plantas (CADP). Conviene señalar que la magnitud del aumento en la CC puede depender de la textura del suelo y del contenido inicial de MOS (Rattan, 2020).

En otro estudio, Minasny y McBratney, (2018), mencionan que el aumento del carbono orgánico (CO) en el suelo, tiene efecto en el contenido de agua: un aumento del 1% en la masa de CO del suelo (10 g C/kg de mineral del suelo), en promedio, incrementa el contenido de agua en saturación, capacidad de campo, punto de marchitez y capacidad de agua disponible en 2.95, 1.61, 0.17 y 1.16 mm H₂O/100 mm de suelo, respectivamente. El estudio reporta también que el aumento es mayor en suelos arenosos, seguido de los limosos, y es menor en los arcillosos. Asimismo, el aumento de la capacidad de agua disponible oscila entre 0.7 y 2 mm/100 mm, con un aumento de 10 g C/kg de suelo. En cuanto a los rasgos de crecimiento, como la biomasa de la alfalfa, se limitaron en ambos tratamientos de agua, tanto bajos como altos, en comparación con el tratamiento W-70%. En tanto que la eficiencia de fijación de nitrógeno de la alfalfa en el tratamiento W-70% aumentó en un 190.19, 22.48 y 40.36% en comparación con los tratamientos W-30, 50 y 90%, respectivamente, lo que se atribuyó a un aumento en la actividad de las raíces y a la actividad de la nitrogenasa. En la respuesta de los rasgos nutricionales del forraje a la humedad, esta fue similar a la de la fijación de nitrógeno con la alfalfa en el tratamiento W-70%, mostrando el contenido más alto de proteína cruda, cenizas, y el contenido más bajo de fibra cruda. En otro estudio, Wan *et al.*, (2025), evaluaron el efecto de la humedad (30%, 50%, 70% y 90%) en la fijación de nitrógeno y en el valor nutritivo de la alfalfa. De acuerdo con sus resultados, la humedad influyó en la fijación de nitrógeno al estimular la actividad de las raíces y la actividad de la nitrogenasa de los nódulos. También se reportó que una capacidad de campo del 70%, no sólo mostró la máxima eficiencia de fijación de nitrógeno, sino que también exhibió un valor nutritivo superior.

Así también, el uso de extracto de lombricomposta líquido favorece la gestión integrada del suelo, con microorganismos y nutrientes y mayor capacidad de retención de agua para una agricultura sostenible.

Estiércol y compostas

Las principales características químicas del estiércol de cerdo, bovino y pollo se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Características químicas del estiércol de cerdo, bovino y pollo.

Estiércol	pH	C(g kg ⁻¹)	N(g kg ⁻¹)	C/N	NH ₄ ⁺ -N (g kg ⁻¹)	NO ₃ ⁻ -N (g kg ⁻¹)
Cerdo	6.63	374.6	46.8	8.0	0.09	4.9
Bovino	7.86	308.2	28.7	10.7	0.02	0.7
Pollo	7.73	270.2	53.0	5.1	0.10	2.7

Fuente: Huang *et al.*, 2017

Proceso de compostaje de estiércol de ganado

El estiércol de ganado no tratado constituye un importante reservorio de contaminantes al situarse entre las principales fuentes de contaminación del suelo y de cuerpos de agua (Olivares *et al.*, 2012). Sin embargo, este desecho se puede estabilizar como composta. Al respecto, el proceso de compostaje consiste en: primeras fases: mesofílica y termofílica; segunda fase mesofílica y fase de maduración. Los factores más importantes que influyen en el éxito de la descomposición del estiércol son: la relación C/N, la humedad, la temperatura, el tamaño de partícula del sustrato, el pH, el contenido de oxígeno y las poblaciones de microorganismos. En este sentido, los microorganismos como las bacterias, los hongos y las actinobacterias, actúan como descomponedores químicos en el proceso de descomposición de la materia orgánica en dióxido de carbono, calor, agua, humus y en el producto orgánico final relativamente estable: la composta (Nemet *et al.*, 2021).



Figura 3. Aireación y ajuste de humedad con compostadora mecánica. Universidad Politécnica de Francisco I Madero.

En el proceso de compostaje, independientemente del método empleado, la temperatura máxima oscila entre 40°C y 75°C. El estiércol de bovino y de cerdo, conducen a un nivel máximo de temperatura. Estos estiércoles de animales tienen una baja relación C: N,

que oscila entre 7.70 y 19.78 (una relación menor a 15 indica madurez y es aceptable), por lo tanto, la enmienda de estos sustratos conduce a condiciones alcalinas en la etapa inicial del compostaje (Lalremruati y Devi, 2023).

Se ha demostrado que, en el proceso de compostaje del estiércol de cerdo y pollo, el pH se correlaciona significativamente con la concentración de NH₄⁺-N. No obstante, se produce una pérdida significativa de N por volatilización de amoníaco, por lo que se recomienda el uso de agentes de aireación para el compostaje (Huang *et al.*, 2017).

En un estudio realizado por Filipović (*et al.*, 2023), utilizando lombricompostas con estiércol de vaca en combinación con desechos domésticos, con recortes de césped y la mezcla de los tres, los análisis del producto final (lombricomposta) mostraron un pH de neutral a ligeramente alcalina. Mientras que el compuesto de nitrógeno varió entre 2.7% y 2.9%, y el carbono orgánico varió entre 45.59% y 47.41%, mostrando una relación C/N de 16.7 a 16.67. En cuanto al contenido de potasio, éste varió entre 1.1% y 1.2% de K₂O; en tanto que el contenido de fósforo varió de 0.3% a 0.5%

Fertilización con compostas anaeróbicas

Wan *et al.*, (2021) demostraron cómo el tipo de estiércol de rumiantes (ovejas y bovinos) y monogástricos (cerdos y pollos) influye en las comunidades bacterianas y fúngicas, así como en las propiedades fisicoquímicas de la composta. Observaron un agrupamiento pareado entre la metataxonomía del estiércol de rumiantes y monogástricos en la composición de las fases iniciales y finales del compostaje. Además, todas las comunidades de microorganismos cambiaron drásticamente durante el proceso, reduciéndose la diversidad bacteriana y fúngica, así como cambios en la composición de la comunidad y la dominancia de especies. Mientras que *Proteobacteria* y *Chloroflexi* fueron los filos principales en la composta de estiércol de oveja y bovino, *Firmicutes* dominó en estiércol de cerdo y pollo. Los investigadores concluyen que los hábitos alimenticios del ganado pueden determinar las propiedades bioquímicas y biológicas del estiércol, encontrando efectos predecibles en la composición y ensamblaje de la comunidad microbiana durante el compostaje.

Por su parte, Abubaker *et al.*, (2021), probaron el efecto del estiércol vacuno fresco y digerido anaeróbicamente (150 kg de nitrógeno total/ha) en la germinación, crecimiento y rendimiento de semillas de alfalfa (*Medicago sativa L.*). De acuerdo con sus resultados, con la aplicación de composta anaeróbica y estiércol fresco, todos los parámetros (porcentaje de germinación, índice de germinación, número total de tallos por planta, altura de la planta, síntomas de deficiencia, número de nódulos, biomasa seca de la

parte aérea, raíz y biomasa total). Aumentaron ($P \leq 0.05$) en comparación con el tratamiento control (urea). En el caso de los tratamientos con la aplicación de compostas anaeróbicas, se registró mayor germinación y menos signos de deficiencias, de nutrientes, así como plantas más altas, de mayor tallo, con mayor número de nódulos y mayor rendimiento de biomasa (raíz, parte aérea y biomasa total).

Actividad microbiana

El estudio de los microorganismos benéficos tiene un papel relevante en la agricultura sostenible. La transformación de la biomasa, el ciclo de nutrientes, el crecimiento y la salud de las plantas, dependen directamente de la actividad microbiana del suelo, por lo que es importante promover su establecimiento y propagación. Una técnica antigua que favorece la biodiversidad del suelo es la producción y aplicación de compostas. Aunque numerosos estudios se han centrado en los beneficios del cultivo de plantas, pocos estudios se han enfocado en los beneficios para la microbiota del suelo (Aguilar *et al.*, 2023). Según los resultados de Di Lenola *et al.*, (2020), la fertilización con composta muestra su efectividad en el aumento de la actividad microbiana, la viabilidad celular y la relación bacteria/hongos. Por su parte Koskey *et al.*, (2022), mencionan que las comunidades bacterianas del lixiviado de lombriz son más diversas que las comunidades fúngicas. Además, en sus estudios estos investigadores encontraron grupos microbianos diversos, la mayoría de los cuales pertenecen a los filos *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes* y *Mucoromycota*, incluidos fijadores de N (*Flavobacterium*, *Malikia* y *Citrobacter*), solubilizadores de P (*Pseudomonas*) y degradadores de C (*Tolumonas*, *Arcobacter* y *Mucor*).

Lombricomposta

La vermicomposta es un material orgánico rico en nutrientes y se produce a través de la descomposición de residuos orgánicos por lombrices de tierra. Contiene nutrientes esenciales para las plantas, así como materia orgánica, microorganismos beneficiosos y sustancias que promueven el crecimiento de estas. Su aplicación mejora las propiedades del suelo, incluyendo la estructura, el aumento de la capacidad de retención de agua, la mejora de la retención de nutrientes y el aumento de la actividad microbiana. Estas mejoras contribuyen a la salud y fertilidad general del suelo, estimulando en consecuencia el crecimiento y productividad de las plantas (Akram *et al.*, 2024).

Las lombricompostas aportan elementos nutritivos para las plantas, además de varias hormonas, enzimas,

sustancias húmicas y materia orgánica. También, mejoran la estructura del suelo, generando un ambiente adecuado para el crecimiento de las plantas. De igual forma, es un material con alta capacidad de retención de agua y capacidad de intercambio catiónico y tiene un efecto positivo en la ventilación del suelo. Además, ayuda a las plantas a utilizar más eficientemente los nutrientes (Ceritoğlu *et al.*, 2018). Las lombricompostas contienen una rica fuente de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio (Kalpita *et al.*, 2021) lo que beneficia la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas.

Según Abad y Shafiqi, (2024), la lombricomposta es abundante en macro y micronutrientes, vitaminas, hormonas de crecimiento, así como enzimas tales como proteasas, amilasas, lipasas, celulasas y quitinasas. Además, alberga una comunidad diversa de microflora inmovilizada, ya que incluso, después de ser excretadas por las lombrices las enzimas presentan capacidad para descomponer materia orgánica, facilitando la continua liberación de nutrientes.

Ferraz *et al.*, (2022), citan 44 propiedades químicas, físicas y biológicas de la lombricomposta y dividen el proceso en fases iniciales (<45 días) y finales (45–120 días). La fase inicial se caracteriza por una alta actividad microbiana, mientras que la final por una alta transformación fisicoquímica y un aumento en la densidad de lombrices. Estos investigadores señalan que la aromaticidad de la materia orgánica aumenta hasta el día 45, disminuyendo posteriormente, lo que indica su estabilización. También mencionan que 30 d de lombricompostaje, son suficientes para obtener un fertilizante orgánico de alta calidad.

Estudios realizados por Waleed, (2016), indican que la vermicomposta de estiércol de vaca mostró un efecto significativo ($P \leq 0.05$) en el crecimiento de la alfalfa, no obstante, es necesario determinar la aplicación comercial de manera rentable. En el mismo estudio, la altura media de las plantas y la biomasa fresca aumentaron significativamente ($P=0.05$) con el incremento de la proporción de vermicomposta en suelo arenoso. En concordancia, Zhang *et al.*, (2023), mencionan que la adición de vermicomposta mejora la fijación biológica de N en la alfalfa y podría ser un método óptimo para promover la restauración de la vegetación en suelos con bajos niveles de N.



Figura 4. Manejo de lombricomposta, Universidad Politécnica de Francisco I Madero.

En síntesis, la lombricomposta contribuye a la reducción de residuos y a la sostenibilidad ambiental, y es una herramienta para promover tanto la conservación del medio ambiente como la seguridad alimentaria (Akram *et al.*, 2024).

Al evaluar la aplicación de composta y lombricomposta elaborados con estiércol de vacas lecheras (T-1 con 26.2g MS de lombricomposta; T-2 con 26.2g MS de composta; T-3 con 0.032g de urea; T-4 con 0.032g de urea y 26.2 g MS de lombricomposta; T-5 con 0.032 g de urea y 26.2g MS de composta, y T-6 testigo),, en la asimilación de nutrientes en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*). Olivares *et al.*, (2012), evaluaron la aplicación de composta y lombricomposta de estiércol de ganado vacuno lechero después de un período de almacenamiento, en la asimilación de nutrientes por el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*). encontrando que el contenido nutricional de N foliar fue similar en ambas compostas respecto a la aportación equivalente del fertilizante nitrogenado inorgánico. Sin embargo, observaron diferencias ($P \leq 0.05$) en el contenido de Ca, Mg, Zn y Mn foliar en las diferentes técnicas de fertilización. Asimismo, los tratamientos con lombricomposta tuvieron un incremento significativo ($P=0.001$) de 0.42, 0.78, 0.34 y 0.44 % de MO (T1, T2, T4 y T5, respectivamente) respecto al control (T6).

Conclusión

La fertilización es una de las variables más importantes en el cultivo de alfalfa, sin embargo, pese a que los fertilizantes químicos estimulan el rendimiento, también contaminan los suelos y cuerpos de agua. En contraste, las compostas y lombricompostas modifican de manera positiva algunas propiedades físico-químicas y mejoran las características biológicas del suelo, promoviendo las cadenas tróficas con los microorganismos, y por lo tanto, el reciclaje de nutrientes, mejorando así la fertilidad del

suelo e incrementando la capacidad de retención de agua, y en consecuencia, aumentando el rendimiento del cultivo de manera sustentable.

Referencias

- [1] Abad, Q., and Shafiqi, S. Vermicompost: Significance and Benefits for Agriculture. *Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*. 2024, 3 (2): 202–207. <https://doi.org/10.55544/jrasb.3.2.36>
- [2] Abubaker, J.; Alaswd, A.; Mohammed, N. S.; Zeadani, H. E., and Khalifa, M. Alfalfa (*Medicago sativa L.*) growth and yield in desert soil fertilized with raw and anaerobically digested cattle manure. *Journal of Plant Nutrition*. 2021, 45 (7): 992–1003. <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.1994605>
- [3] Aguilar-Paredes, A.; Valdés, G.; Araneda, N.; Valdebenito, E.; Hansen, F.; Nuti, M. Microbial Community in the Composting Process and Its Positive Impact on the Soil Biota in Sustainable Agriculture. *Agronomy*. 2023, 13, 542. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020542>
- [4] Akram Gazi, Ani Maity, Nabanita Khatua, Sudip Sengupta, Suprabuddha Kundu, Tanmoy Sarkar. Effect of vermicompost on soil quality and crop productivity. *Int J Agric Extension Social Dev* 2024; 7(4S):13-23. doi: [10.33545/26180723.2024.v7.i4Sa.517](https://doi.org/10.33545/26180723.2024.v7.i4Sa.517)
- [5] Appiah, E.A.; Balla-Kovács, A.; Ocwa, A.; Csajbók, J.; Kutasy, E. Enhancing Alfalfa (*Medicago sativa L.*) Productivity: Exploring the Significance of Potassium Nutrition. *Agronomy*. 2024, 14, 1806. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081806>
- [6] Ceritoğlu, Mustafa; şahin, Sezer; Erman, Murat. Effects of Vermicompost on Plant Growth and Soil Structure. 2018, 32, 607-615. doi:[10.15316/SJAFS.2018.143](https://doi.org/10.15316/SJAFS.2018.143)
- [7] Charshanbiev, Umurzok. Effect of organic fertilizers in growing alfalfa for seed and forage. *E3S Web of Conferences*. 371. 2023, doi:[10.1051/e3sconf/202337101050](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337101050)
- [8] Di Lenola, M.; Barra Caracciolo, A.; Ancona, V.; Laudicina, V.A.; Garbini, G.L.; Mascolo, G.; Grenni, P. Combined Effects of Compost and *Medicago Sativa* in Recovery a PCB Contaminated Soil. *Water* 2020, 12, 860. <https://doi.org/10.3390/w12030860>
- [9] Ferraz, Ramos, H.; Almeida, Santana, N.; Nariane de Andrade, Izabelle Scheffer Romagna, Bárbara Tirloni, Andressa de Oliveira Silveira, Jorge Domínguez, Rodrigo Josemar Seminoti Jacques. Vermicomposting of cow manure: Effect of time on earthworm biomass and chemical, physical, and biological properties of vermicompost, *Bioresource Technology*, 2022, 345, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126572>
- [10] Filipović, A.; Mandić, A.; Hadžibulić, A.; Johanis, H.; Stipanović, A. and Brekalo, H. Characterization and evaluation of vermicomposting materials. *Ekológia (Bratislava) - Journal of the Institute of Landscape Ecology, Slovak Academy of Sciences*. 2023, 42, 2: 101–107. <https://doi.org/10.2478/eko-2023-0012>
- [11] Hakl, J.; Kunzová, E.; Tocauerová, Š.; Menšík, L.; Mrázková, M. and Pozdíšek, J. Impact of long-term manure and mineral fertilization on yield and nutritive value of lucerne (*Medicago sativa*) in relation to changes in canopy structure. *European Journal of Agronomy*. 2021, 123. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126219>.
- [12] He, Y.L.; Yang, X.X.; Zhang, C.P.; Wu, Z.F.; Chen, X.J.; Yang, Z.Z. and Dong, Q.M. The Impact of Different Nitrogen

- and Phosphorus Fertilizer Applications on the Yield and Quality of *Medicago sativa* in the Hexi Corridor. 2025, 33 (5): 1486-1496. doi: [10.11733/j.issn.1007-0435.2025.05.015](https://doi.org/10.11733/j.issn.1007-0435.2025.05.015)
- [13] Hetman, N., Karbivska, U., Hryhoriv, Y., Degtyarjov, V., Marenich, M., Malynka, L. Gniezdilova, V. The influence of fertilization systems on the productivity and quality of different varieties of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Journal of Ecological Engineering*, 2025, 26 (4): 220-227. <https://doi.org/10.12911/22998993/200031>
- [14] Huang, J., Yu, Z., Gao, H., Yan, X., Chang, J., Wang, C., Hu, J., and Zhang, L. Chemical structures and characteristics of animal manures and composts during composting and assessment of maturity indices. *PloS one*. 2017, 12(6), e0178110. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178110>
- [15] Kongqin Wei, Yanliang Sun, Andrew D. Cartmill, Ignacio F. López, Chunhui Ma, Qianbing Zhang. Long-term effects of nitrogen and phosphorus fertilizers on rhizosphere physicochemical characteristics and microbial composition in alfalfa. *Industrial Crops and Products*. 2025, 227. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120776>.
- [16] Kalpita, Bhatta; Bhagyajyoti, Baral; Sheeti, S. N.; and Sonali, Das. Efficacy of vermicompost in agriculture: A review. *International Journal of Botany Studies*. 2021, 6, 4: 432-435. ISSN: 2455-541X. https://www.botanyjournals.com/assets/archives/2021/vol6issu_e4/6-4-72-777.pdf
- [17] Kaminsky, L.M.; Thompson, G.L.; Trexler, R.V.; Bell, T.H. and Kao, K. J. *Medicago sativa* has Reduced Biomass and Nodulation When Grown with Soil Microbiomes Conditioned to High Phosphorus Inputs. *journal Phytobiomes Journal*. 2018, 2 (4): 237-248. <https://doi.org/10.1094/PBIOMES-06-18-0025-R>
- [18] Koskey, Gilbert; Avio, Luciano; Turrini, Alessandra; Sbrana, Cristiana; Bärberi, Paolo. Biostimulatory effect of vermicompost extract enhances soil mycorrhizal activity and selectively improves crop productivity. *Plant and Soil*. 2022, 484, 1-17. doi:[10.1007/s11004-022-05783-w](https://doi.org/10.1007/s11004-022-05783-w)
- [19] Lalremruati Mary, Devi Sarjubala Angom. Duration of Composting and Changes in Temperature, pH and C/N Ratio during Composting: A Review . *Agricultural Reviews*. 2023, 44(3): 350-356. doi: [10.18805/ag.R-2197](https://doi.org/10.18805/ag.R-2197)
- [20] Lorenzo, C.D.; García-Gagliardi, P.; Antonietti, M.S.; Sánchez-Lamas, M.; Mancini, E.; Dezaz, C.A.; Vazquez, M.; Watson, G.; Yanovsky, M.J. and Cerdán, P.D. Improvement of alfalfa forage quality and management through the down-regulation of *MsFTa1*. *Plant Biotechnol J*. 2020, 18: 944-954. <https://doi.org/10.1111/pbi.13258>
- [21] Minasny, B. and McBratney, A.B. Limited effect of organic matter on soil available water capacity. *Eur J Soil Sci*. 2018, 69: 39-47. <https://doi.org/10.1111/ejss.12475>
- [22] Nemet, Franjo; Perić, Katarina and Lončarić, Zdenko. Microbiological activities in the composting process : A review. 2021, 8: 41-53. Doi:[10.18380/SZIE.COLUM.2021.8.2.41](https://doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2021.8.2.41)
- [23] Olivares, C.M.A.; Hernández, R.A.; Vences, C.C.; Jáquez, B.J.L. y Ojeda, B.D. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. Universidad y Ciencia Trópico Húmedo. 2012, 28 (1):27-37. <https://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v28n1/v28n1a3.pdf>
- [24] Pengzhao, L.; Yanrong, L.; Xiantong, L.; Zhipeng, L.; Zhen, F.; Zinan, Y.; Yulin, W.; Xining, Z.; Xiaolong, R. and Xiaoli, C. The response of crop yield, water and nitrogen use efficiency to organic fertilizer addition: A meta-analysis, *European Journal of Agronomy*. 2025, 168, 127628, ISSN 1161-0301. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2025.127628>
- [25] Radovic, J.; Sokolović, Dejan and Marković, Jordan. Alfalfa-most important perennial forage legume in animal husbandry. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2009, 25: 465-475. doi:[10.2298/BAH0906465R](https://doi.org/10.2298/BAH0906465R)
- [26] Rattan, L. Soil organic matter and water retention. *Agronomy Journal*. 2020, 112, (5): 3265-3277. <https://doi.org/10.1002/agj2.20282>
- [27] Shanyi, T.; Baijing, Z.; Rui, Y.; Mingwei, W.; Yuji, J.; Chongzhe, Z.; Daming, L.; Xiaoyun, C.; Paul, K. and Manqiang, L. Organic fertilization promotes crop productivity through changes in soil aggregation, *Soil Biology and Biochemistry*. 2022, 165,108533. ISSN 0038-0717. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108533>
- [28] Singh, T.B.; Akbar, A.; Mrinalini, P.; Arti, Y.; Preksha, S.; Deepika, G. and Prem K.D. Role of Organic Fertilizers in Improving Soil Fertility. In: Naeem, M., Ansari, A., Gill, S. (eds) Contaminants in Agriculture. Springer, Cham. 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41552-5_3
- [29] Waleed S. Alwaneen, 2016. Effect of Cow Manure Vermicompost on Some Growth Parameters of Alfalfa and Vinca Rosa Plants. *Asian Journal of Plant Sciences*, 15: 81-85. doi: [10.3923/ajps.2016.81.85](https://doi.org/10.3923/ajps.2016.81.85)
- [30] Wan W, Li Y and Li H (2022) Yield and quality of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in response to fertilizer application in China: A meta-analysis. *Front. Plant Sci.* 13:1051725. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1051725>
- [31] Wan J, Wang X, Yang T, Wei Z, Banerjee S, Friman VP, Mei X, Xu Y, Shen Q. Livestock Manure Type Affects Microbial Community Composition and Assembly During Composting. *Front Microbiol*. 2021, 22, 12: 621126. doi: [10.3389/fmicb.2021.621126](https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.621126)
- [32] Wan, W.; Liu, Q.; Li, K.; Zhao, K.; Qi, F.; Li, Y.; Sun, Z. and Li, H. Nitrogen fertilizer application for improving the biomass, quality, and nitrogen fixation of alfalfa (*Medicago sativa* L.) at different growth stages in a saline–alkali soil. *PeerJ*. 2025 13:e18796. doi: [10.7717/peerj.18796](https://doi.org/10.7717/peerj.18796)
- [33] Yinping, F.; Yue, S.; Mengying, Z.; Haihua, S.; Longchao, X.; Yongkai, L.; Yizhen, L.; Aijun, X.; Jie, K.; Haichun, J. and Jingyun, F. Yield and quality properties of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and their influencing factors in China. *European Journal of Agronomy*. 2022, 141. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126637>
- [34] Zhang, Y.; Mai, H.; Qiu, Q.; Zhu, Y.; Long, J.; Chen, S.; Chen, Y. The Responses of C, N, P and Stoichiometric Ratios to Biochar and Vermicompost Additions Differ from Alfalfa and a Mine Soil. *Agriculture* 2023, 13, 1954. <https://doi.org/10.3390/agriculture13101954>